下载APP

08 | 台积电：摩尔定律的忠实执行者

2021-06-04 邵巍

《说透芯片》 课程介绍 >

讲述：邵巍
时长 21:23 大小 19.59M

你好，我是邵巍。

前两讲，我给你讲了 Intel、三星这两家公司，一个是处理器芯片第一，一个是存储芯片第一，都是好公司，都是业界楷模。如果 Intel 和三星出现意外停工停产的话，估计整个半导体行业会忙乱一阵，疯狂补位，瓜分它们的市场，重新排定座次；行业之外，都不会有什么太大影响。

但是，今天讲的台积电就不一样了。如果台积电出现点问题，那整个半导体行业，可能死一半吧。行业之外，别的不说，手机价格应该会贵一倍，或者只有三星代工的芯片可以了。

当然我说得有点夸张，不过这是有前例的。2018 年 8 月 7 号，因为电脑病毒的攻击，台积电出现全线停产的问题，影响到已经定在 9 月 12 号上市的 iPhone（2018）所需要的 A12 处理器的生产。当时 iPhone（2018）的市场价，很快就被黄牛们炒到离谱的地步。

那个时候，台积电决定优先生产苹果的 A12 处理器，将其它的处理器推后生产（其实就是华为麒麟）。当时台湾媒体，一直夸奖华为非常有绅士风度。因为华为的处理器也是由台积电生产的，而且华为的处理器生产量也不比苹果少，加之华为新机的发布也并不比苹果晚多久。由此，苹果和台积电都欠了华为一个很大的人情。

华为的礼让，是有回报的。2019 年在美国发布实体清单之前，台积电积极帮助华为。它和高通、联发科、AMD、英伟达等公司沟通，请他们释放出来一部分 7nm 芯片产能来给华为公司应急生产制造。

其实台积电不仅仅是半导体行业的咽喉要处，它还改写了半导体产业的格局。它是摩尔定律的忠实守护者，在 Intel 无法维持 Tick-Tock 的行业节奏之后，是台积电和苹果搭队，默默地为整个行业提供持续创新动力。其实在第四节我有提到，半导体一半设计，一半制造。在制造这方面，台积电以一己之力，支持了半个行业。这一讲，就让我介绍一下这家无冕之王。

重塑产业格局：激励创新

在第四节有提过，在台积电出现之前，半导体公司都是 IDM 模式。从设计到制造全部自己完成。AMD 的创始人兼第一任 CEO 曾经说过“真男人都有工厂”。在很长的一段时间内，芯片设计和工艺制程两者是紧耦合的，被看作是半导体公司的核心竞争力。行业老大 Intel，至今仍然坚持这条路线。

但是，让我给你一个数字，你就能清楚的知道，如果半导体公司采取 IDM 模式，需要什么样的实力。

一家并不是最新工艺的晶圆厂的建设成本为 30 亿美金，每年的折旧成本 + 运营成本约为 10 亿美金，这意味着半导体公司的营业额，必须在 50 亿美金以上。以 2020 年无厂半导体设计公司的收入来看，只有 5 家公司：高通、博通、英伟达、AMD 和联发科够这个标准（排在第 6 的 Xilinx 收入是 30 亿美金），但是这 5 家头部设计公司，全都是用的建设成本至少 100 亿美金起的先进工艺进行设计。

台积电开创了芯片制造的代工业务，让半导体行业可以在 IDM 模式之外，出现“无厂设计公司 + 代工工厂”的模式。甚至，原有的 IDM 模式的公司，也可以有选择的保留部分工厂，而将其它的芯片生产制造，特别是昂贵的先进工艺制造，外包给代工工厂，变成“轻工厂”模式。

无厂设计公司，大大的降低了半导体公司的创业资金门槛，促进了行业繁荣。换一个角度描述，如果没有台积电开创的这种 “无厂设计公司 + 代工工厂”的模式，大约 70% 的半导体公司都不存在了。可以说，没有台积电就没有目前的半导体行业格局。

但是，开创一个新的产业模式从来都不是一件容易的事。在台积电之前，从来没有一个专业的只从事晶圆制造的工厂。晶圆厂的成功，是要产能满负荷运转的。即使到了 1995 年，有专业研究机构统计，全世界的设计公司的芯片，全给台积电，也不够喂饱台积电。

无厂设计公司 + 代工厂，这个模式想运转起来，需要三个条件：

1. 代工工厂的工艺水平不能太差，不能拖设计的后腿，而这个“差”，是跟同期的 IDM 的工艺水平相比较的。
2. 设计公司的设计水平也不能太差，而且要有一定的出货量，才能填满代工厂产能。
3. 与同一个市场中竞争的 IDM 模式相比，要有良好的投资回报比，才能持续发展。

换句话说，台积电要成功必须得同时满足这三个条件，分别代表了三个层面：**要有工艺水平、有客户需求、要比 IDM 模式赚钱。** 事实上，它也很好地完成了。我来一条线一条线跟你说。

提升工艺水平，成为行业第一

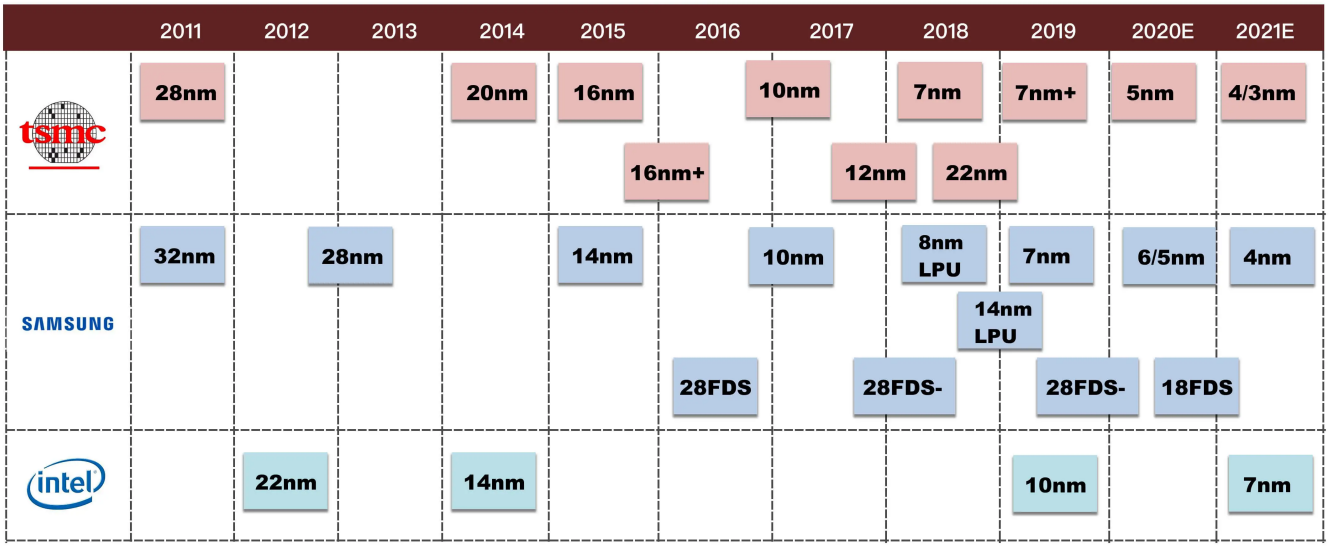
在台积电建立的头十年，在工艺技术上与当时的德州仪器、摩托罗拉等欧美大型 IDM 相比，还是有差距的。它真正的崛起有两个转折点，经过这两个转折点，才逐步奠定了它的地位。

第一个转折点是 2000 年，台积电在铜铝工艺切换的时候，开始自主研发基于铜制程 0.13 微米技术，而不再仰仗欧美公司的技术转让。正如英伟达的 CEO 黄仁勋说：“0.13 制程改造了台积电。” 领先的制程工艺，让台积电成为代工厂的技术第一。

第二个转折点是 2007 年，台积电的林本坚提出浸没式光刻设想后，ASML 开始与台积电合作开发浸没式光刻机，并在 2007 年成功推出第一台浸没式光刻机。技术能力延展到制造设备侧，才是核心能力。而凭借这个能力，台积电决心“抢先半步”，走 40、28、20nm 的路线，自此和 Intel 的 45、32、22nm 路线分裂。接着创始人张忠谋的回归，大手笔投资 28nm 制程，将技术先进巩固为商业成功。

真正要到 2018 年，台积电按时按计划发布了 7nm 制程并进入量产，才真正反超了一直困扰在 10nm 良率问题上的 Intel，开始领跑整个业界。

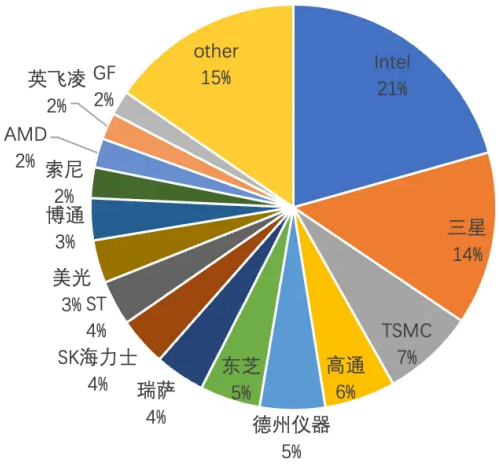
图表：台积电在工艺节点上逐渐赶超 Intel，并保持对 Samsung 的领先地位



资料来源：台积电官网、三星官网、Intel官网、中金公司研究部

先进的客户需求成重要助推器

第二条线，算是客户线。设计公司和代工厂其实是相辅相成的，没有先进的客户需求，也就没有代工厂先进的工艺。虽然 2007 年还没有无厂设计公司能排进半导体公司的前十。但是 2012 年，高通就排入第四，而博通排在第十一，AMD 当时排在十三。



回顾早期历史，1995 年台积电和 Altera 就合作在美国建晶圆厂，为芯片设计公司提供代工服务了。对 Altera 这家公司，你可能不熟悉，这是 FPGA 双雄之一，2016 年被 Intel 收购。FPGA 对于半导体制造工艺非常重要，因为 FPGA 的构造是大面积的重复单元，因此往往可以用来测试工艺制程。而 FPGA 这个品类，是强依赖最新工艺来提升竞争力的，这也是后来 Intel 要收购 Altera 的原因之一。

接下来，我们看看台积电的客户们。

高通，不太主动披露它的芯片制造商，但是 1998 年，高通的基带芯片 MSM3000，就是用的台积电 0.35 微米工艺生产的。之前几代，可分别用的是 LSI、IBM 和 Intel。而且 2002 年，高通的 CDMA 产品线的最佳供应商奖项是颁给了台积电。这是在台积电拿下苹果订单的 10 多年前。

英伟达，是从 1995 年就投奔台积电了。漫长的合作历史上，常有精品，例如英伟达 2020 年 5 月发布的 Ampere A100，542 亿的晶体管，826 平方微米的 N7 工艺单 Die，这个芯片做成 PCIe 卡之后，售价为 12500 美金。

在英伟达之前，只有博通能设计这么大的芯片了。博通也是台积电的很早期客户。

2014 年台积电推出了基于 FinFET 工艺的 20nm 芯片。这一年台积电拿下了最重要的一张订单：苹果的 A8。从此，苹果成为每年为台积电贡献超 20% 收入的超级大客户。

苹果手机芯片一年一代的更新节奏，反向制定了台积电的工艺升级的节奏。而台积电的工艺制程升级的节奏，也给全行业定了基调。其实从 2016 年，Intel 的 Tick- Tock 停摆之

后，半导体行业的速度是台积电确立的，稳稳的摩尔定律速度。

与 IDM 模式竞争，保持产能与需求之间的平衡

其实，在台积电最初创立时期，Intel 是帮了台积电一把。但是，代工这种模式，本质是在和 IDM 模式的厂商在竞争制造机会。

到了 2000 年，dotcom 泡沫破裂，很多半导体公司的投入减少。同时，12 寸厂成为新建晶圆厂主流，但一座晶圆厂造价高达 25 至 30 亿美元，不仅中小 IDM 负担不起，大型 IDM 要投资也常显吃力。此时台积电的技术实力也已经超越 Intel 之外的其它 IDM。

2010 年，IDM 已较少自己生产 40nm 制程的芯片了，而台积电成功地预测到“做到 28nm 时几乎所有 IDM 都要靠代工”， 因此大规模投资 28nm 的产线，一举奠定胜局。

整体而言，IDM 放弃自建晶圆厂已是大趋势，比如 AMD 便在 2008 年底将芯片制造剥离出去。近 20 年来只有所谓“轻晶圆厂”（fab-light）或“无晶圆厂”（Fabless）模式的兴起，而没有芯片设计公司反过来成为 IDM。

总结看，IDM 模式，无论从产能预测、保密，还是工艺技术与设计结合的角度看，全部自己完成制造，有优势。但是，靠一个公司的产品填满产能，这对公司的研发能力有超强要求。台积电制胜的秘诀就是用最快的速度、最好的制程生产最多的芯片。

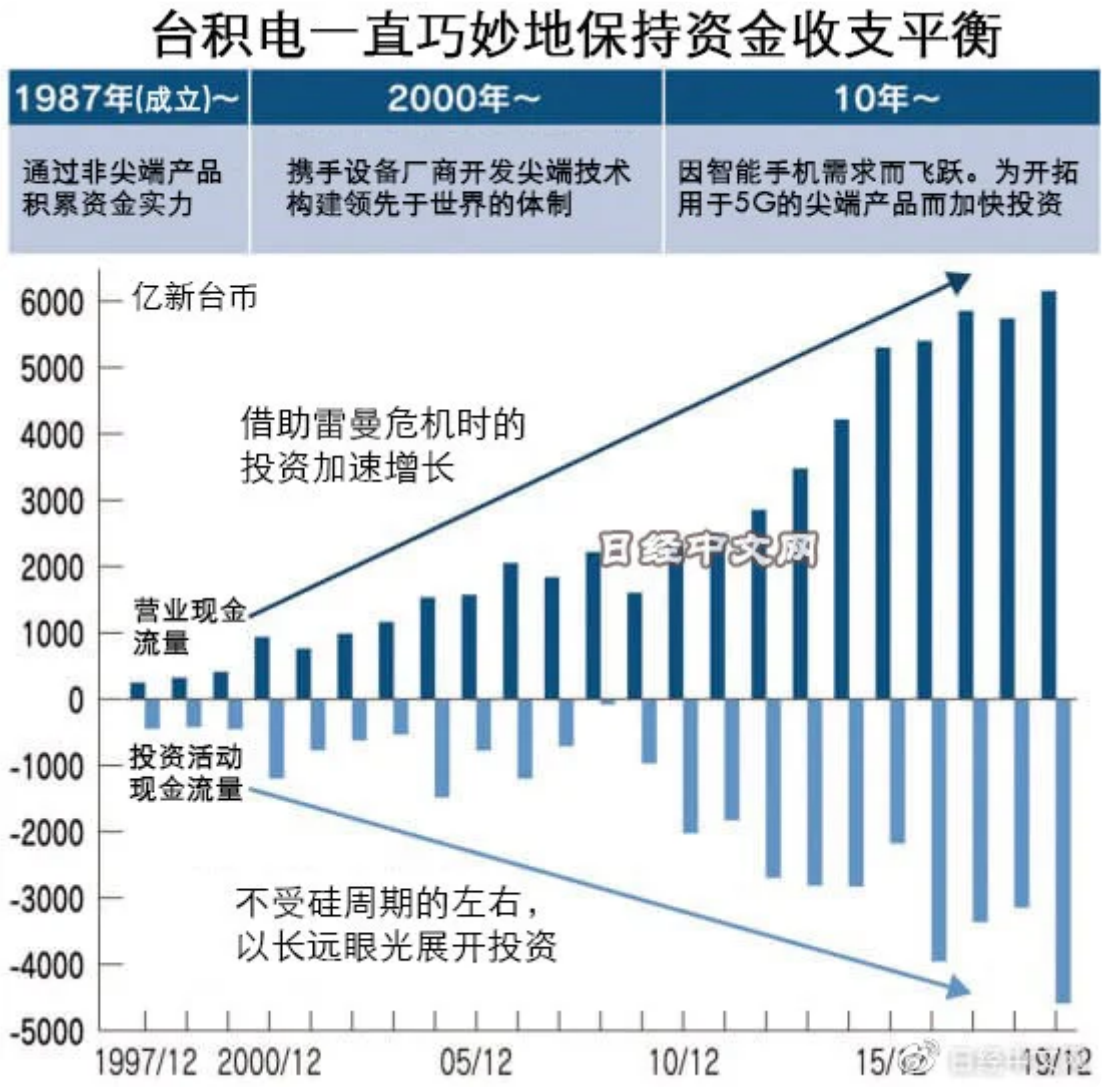
当台积电可以提供给全行业最好的制程的时候，全行业的产能都自发的集中过来。而且在制程领先这个条件下，客户，特别是大客户关心的优先级，就是产能优先，价格第二了。特别在同一个市场拼杀的竞争者，每个都恨不得把产能全包，一个 Wafer 都不给其它人剩下。因此台积电的利润率，一直行业领先。

“让晶圆厂持续高产能运转”，在产能和需求之间保持平衡，这是一项艺术。

稳健投资：摩尔定律的忠实执行者

“摩尔定律”使晶圆代工企业不断追求更先进的制程，而能在一两个原子大小的空间中雕刻回路的设备自然越来越昂贵，动辄数千万美元。为达到规模经济以抵消前期巨额投入，晶圆代工企业又追求更大的工厂和产能。

台积电在不断追求更先进的制程路上，靠得不仅仅是技术的创新，还有不被行业繁荣与萧条的波动左右，持续大手笔投资的长远眼光。最难能可贵的是，我们这里说的投资不是像三星一样的逆周期投资，台积电用的是**自身赚到的资金，**以远高于行业其它公司的金额，长期投资。在台积电精致地平衡业务赚到的营业现金流量（正现金流）和投资活动付出现金流量（负现金流）下，按照金融相关人士说，台积电“画出了一张教科书般的收支图表”。



图片来源：日经中文网

比起三星的大开大合式、用其它业务补贴式的投资策略。台积电这种稳健的投资，在研发和制造均需要巨额资金投入的半导体行业里，确保了自己的长期健康发展。

台积电曾在提出的财务指标中强调，2018 年的投入资本回报率（ROIC）必须达到 15% 到 20%。投入资本回报率是显示投向业务活动的资金能在多大程度上产生回报的指标，台积电过去 5 年的平均值为 21.4%，高于 Intel 和三星，Intel 为 15.7%，三星约为 8%。

既赢，又稳，这背后离不开领导者的经验、魄力与前瞻性。多年来，台积电一直保持着**“高投入 - 低成本 - 高销量 - 高投入”**的正向循环。

苹果：需要单独讲讲的超级客户

整个计算机硬件行业，有 3 次风口：第一次是 PC 机，第二次是手机与移动互联网，第三次是这一轮的 AI、5G 与 IoT。第一次的 PC，成就了行业第一的 Intel。第二次的手机浪潮，成就的就是台积电，而这里的关键票，是苹果投下的。

苹果并不是一个半导体设计公司，苹果的前三代处理器，都是由三星设计并且生产的。直到 A4，苹果才进入自主研发的阶段。但是这个时候芯片生产还是三星在做。三星的代工价格，基本上是成本价，并且和存储芯片做了捆绑销售包，和只有代工服务的台积电相比，优势明显。因此苹果的 A4、A5、A6、A7 也都是三星生产的。

但是三星的问题是，它的手机业务和苹果有竞争关系。三星 Galaxy 系列手机搭载的自己生产的猎户座（Exynos）系列手机处理器，看起来跟苹果的相似度太高。这时候问题就出现了，我们讲代工业务有一个特点，代工厂可以拿到设计公司的最终成果，因此客户对代工厂的信任度必须要高。2011 年苹果正式起诉三星 Galaxy 系列产品抄袭 iPhone 和 iPad，三星又反起诉苹果侵犯其 10 项技术专利，苹果与三星的专利诉讼战几乎遍及全世界，这严重破坏了信任度。

台积电这边在争取苹果订单的时候，一方面遇到价格问题，台积电是一个纯代工工厂，肯定不能像三星那样，只是拿苹果的订单解决剩余产能，可以接受成本价。另一方面，台积电的产能基本满载，如果想拿下苹果订单，就需要给苹果单独建厂。另外，这里还涉及知识产权等问题，也是困难重重。最终台积电 20nm 制程领先三星，且产能扩张完毕，用实力说话，才首度拿下 iPhone 6 的 A8 处理器全部订单。

而三星并不是一个会轻易认输的公司。它直接跳过 20nm，首先宣布量产 14nm，重新赢回了苹果 A9 的部分订单。这对刚刚扩大产能的台积电来说，真是个大危机。但正如我说过的，危险和机会，总是并存的。我在讲三星的时候说了，iPhone 6s 装载三星版 A9 和台积电版 A9，被发现在功耗上有显著的差异：台积电的芯片明显较三星的省电。对三星来说，这是一个悲剧，相反，台积电因此一战成名。从此，苹果的订单，再也没有离开过台积电。

从官方披露的信息上看，苹果将在 2021 年推出 5nm+ 的 A15 处理器，2022 年推出 3nm 的 A16 处理器，2023 年推出 3nm+ 的 A17 处理器，目前，台积电和苹果正在携手研发 2nm 芯片，预计 2024 年推出 2nm 的 A18 处理器。

为什么我说苹果是“超级客户”？2019 年、2020 年，苹果都是世界上最大的半导体产品买家，台积电所有业务中有 25%直接或间接来自苹果，除了代工苹果的自研芯片以外，苹果购买高通、博通、AMD、德州仪器、意法半导体、恩智浦和瑞萨等公司的产品也是台积电代工。想想，三星是一直手机出货量第一，是半导体产品的第二大买家（前 2019 年之前是最大买家），如果没有拿到苹果这一超级客户，后果不敢想。

总结

这一讲，我分享了了开创了现代半导体行业的最主要生意模式：“无厂设计公司 + 代工厂”，并重塑了产业格局的台积电，我同样给你总结了几个要点。

没有台积电开创的代工模式，现在 70% 的半导体公司都将不存在。

台积电在需求和产能，这个半导体制造业最难权衡的一对矛盾上，非常艺术地保持了平衡。

台积电基本上用自己赚到钱，投入扩大再生产，不但技术一直领先，而且投资利润率也远超同行，简直是行业的压舱石。

台积电是 2015 年之后，接替 Intel，成为半导体业保持摩尔定律的动力来源。

课后思考题

台积电专心做代工厂，在一个长产业链上只做了一个环节，三星做了一整条产业链上每一个环节，而 Intel 虽然做了半导体行业的每一个环节，但是并没有深入到设备侧，这三个策略对比起来，很有意思。你喜欢哪个？你认为中国企业应该选哪个？

分享给需要的人，Ta订阅后你可得 20 元现金奖励

赞 6 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 07 | 三星：资本与技术共舞的40年

下一篇 09 | Nvidia 与AI 芯片：超越摩尔定律

精选留言 (17)

写留言

天帝十万年
2021-06-04

感觉中国也还是分工的好,每个模块都有资金、市场做到最强

展开

作者回复: 我也是这种观点。中国自己有完整的产业链就好，内部要分工，分工带来竞争力。

5

2021-06-04

我喜欢台积电这样的分工协作模式，同时要争取在单一领域内做到第一梯队。
以芯片的规模和复杂度，在当前市场格局下，想再出一家三星和Intel是很难的。钱和市场已经不能再交换先进技术，只能靠自己研发。
从我个人的看法，中国企业应该选的就是在细分领域内钻研，争取在自身研发和国家的扶持下，能够缩小和行业领导者的差距，在未来的若干年内进入第一梯队。同时也要积极...

展开

作者回复: 同意。 国家层面要全，缺啥补啥，公司层面，要精，在一个环节上做到最强。

3

Geek_6b4090
2021-06-04

中国要做Intel的模式才行吧

展开

作者回复: 国家层面，肯定要做全产业链。

2

水天一线
2021-06-07

全产业链由国家规划，而分到其它企业或者单位的模式京东方就是个很好的例子，好多国企确实太傲慢了，拿到国家政策不好好做事情，而最好让更多的私企参与进来。

展开

2

霹雳飞龙飞飞
2021-06-06

中国要做全产业链，但是也不能像英特尔和三星那样一个工厂啥都做，还不能像台积电那样只做其中一个部分。这就要做好产业链的分割和分配，才可以保证谁家都不亏。

展开

作者回复: 赞同。

1

Panda
2021-06-06

中国需要全产业链，国内公司分工竞争就好了

展开

1

Luke

2021-07-14

个人倾向三星那种。

国家层面也应该是三星那样，全产业链布局，然后每个环节国内都应该有相应的公司和研究院作为领头羊。

...

展开

作者回复: 赞同

西风

2021-07-09

政治上要拜托国外控制和围剿，必须实现全产业链的自主可控。而且广阔的中国市场能支撑完整产业链需要的资金和市场容量。但是在芯片产业极度精细化分工和高筑的门槛背景下，任何一家中国公司在现有条件下实现IDM。同时，任何一个环节都需要在百花齐放的市场环境中实现本土公司的技术突围和自主可控，形成梯队化的自有能力。

展开

作者回复: 同意

Boom

2021-07-08

国家就像一个人 要完整，公司就像每个人的器官要精通

展开

作者回复: 赞。大国必须完整，不能有弱点。公司可以各展所长。

sugar

2021-06-06

中国应该分工，做工厂的专心做制造，做设计可以像 华为 苹果 三星这样 同时做ic设计和整机产品。因为这样可以让硬件与软件系统之间更好滴协作。

但是站在整个国家的层面必须整体看，整体调度。消灭中国在半导体产业链上的阿克琉斯之踵，才能防止被美国再度制裁。

展开

作者回复: 赞同，整个国家要有完整的产业链建设计划，每个公司在一个环节做到最优即可

霹雳飞龙飞飞

2021-06-06

台积电还是算了吧，集成电路工艺虽然挺先进，但是集成的晶体管数量还赶不上英特尔上一代的。这种技术实力说实话还是令人堪忧。根本守护不住摩尔定律。

展开

作者回复: 我觉得台积电表现还可以。

Geek_ae1337

2021-06-04

哪个策略最好，时势造英雄。要看今后10-20年的发展机遇和各家目前的处境吧。就目前看来，技术含量最高 需求量最大 发展最迅速的逻辑芯片客户前10名都是台积电的客户，而且对台积电的依赖多于台积电依赖它们。正如老师本课所讲，台积电硬是靠技术 稳健的投资 管理层和智慧 耐心和虚心，做出了一条竞争者只能望其项背的道路。现在三家都在猛砸新产能的投资。我不知道台积电计划中的3年千亿投在带来的产能增加能满足届时（20...

展开

作者回复: 逻辑芯片客户前10名都是台积电的客户 ~ ~ ~设计与制造的良性循环，这个真是太让人羡慕了

Geek_53914b

2021-06-04

高层要做的是协调资源投向，不要重复建设

展开

作者回复: 万分赞同

saneryee
2021-06-04

整个国家拥有全产业链，每个环节至少两家明星企业。

展开

作者回复: 同意且点赞

孙文杰
2021-06-04

您说三星做了产业链的每一个环节，那么EDA产业不包含在半导体产业链内，还是三星也做EDA呢？

作者回复: 也没有做。 EDA，很久之前，就是三巨头垄断了。

springXu
2021-06-04

三个公司三个商业模式。我到喜欢三星模式，裁判和运动员为一体。 对于中国来说，反应该是各点击破，像台积电那样的发挥分工模式。

展开

作者回复: 三星模式，想想都很豪... ... 不过感觉，已经很难再建立一个巨型公司了。 国家层面，产业链要齐全。公司层面，每个细分领域做到最强。

1

杨逸林
2021-06-04

不是提出要国内国外双循环吗，站在国家的层面上，应该是选三星那种吧。不过国内公司都没有这个体量去做，学三星，等同于倒闭。因为没有核心竞争力，没人买，起步慢。

但个人感觉这个得学台积电，先做一部分的，急于求成不太好，从小事开始做。当然，造芯片不是小事。

展开

作者回复: 同意，再好的策略，也得从小事做起。